V. BARIĆ

# KAKO SE IZMJERILA UDALJENOST MJESECA SUNCA I ZVIJEZDA

MALA NAUČNA KNJIŽNICA
HRVATSKOG PRIRODOSLOVNOG DRUŠTVA

KOLO II. SVEZAK 6.

VESELJKO BARIĆ:

**KAKO SE IZMJERILA UDALJENOST MJESECA, SUNCA I ZVIJEZDA**

Slike na koricama:
Zvjezdarnica u Zagrebu (Popov toranj), rad O. Wittaseka
Spiralna maglica M 101 u zviježđu Velikog Medvjeda

---

**»Mala naučna knjižnica« izlazi u kolima (serijama) po 6 svezaka. Svakih 6 mjeseci izlaze usporedo po dva kola**

»Malu naučnu knjižnicu« uređuje redakcioni odbor.
Glavni i odgovorni urednik: *L. Randić*

**»Mala naučna knjižnica« objavljuje kraće, popularno napisane i zanimljive radove iz različitih područja prirodnih nauka namijenjene najširem krugu čitalaca**

**Svesci »Male naučne knjižnice« mogu se dobiti u svim većim knjižarama i prodavaonicama novina i časopisa ili preko povjerenika »Prirode«**

**CIJENA OVOM SVESKU DIN 40, U PRETPLATI DIN 25**

**Pretplata se prima samo za cijelo kolo i iznosi Din 150 (6 svezaka). Pretplata se plaća unaprijed u čitavom iznosu ili u dva obroka po Din 75. Istovremeno se možete pretplatiti na dva kola, jer svesci izlaze naizmjence svakog 1. i 15. u mjesecu**

**Pretplata se uplaćuje putem čekovnog računa Hrv. prirodoslovnog društva kod Narodne banke Zagreb br. 406-T-819. Na poleđini čekovne uplatnice treba naznačiti, da se novac šalje za »Malu naučnu knjižnicu«**

**Adresa uredništva i uprave »Male naučne knjižnice«:
Zagreb, Ilica 16/III, pošt. pretinac 165, telefon 36-585**

---

VESELJKO BARIĆ

Dragom suradniku Zvjezdarnice, Franji Benkoviću, Zlatko Barić-Divjanović 7/III 1973.

# KAKO SE IZMJERILA UDALJENOST MJESECA, SUNCA I ZVIJEZDA

ZAGREB 1955

MALA NAUČNA KNJIŽNICA
HRVATSKOG PRIRODOSLOVNOG DRUŠTVA

KOLO II. SVEZAK 6.

Slike na omotu:

*Prednja strana: Pogled na Zvjezdarnicu Hrv. prirodoslovnog društva u Zagrebu (rad O. Wittaseka).*

*Zadnja strana: Spiralna maglica M 101 u zviježđu Velikog Medvjeda.*

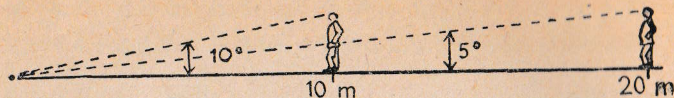
TISAK GRAFIČKO-NAKLADNOG ZAVODA »TIPOGRAFIJE«, ZAGREB

# Daljina Mjeseca od Zemlje

Mnogi se čude, kako su zvjezdoznanci mogli izmjeriti daljine u svemiru. Tā nitko još nije bio na Mjesecu, na Suncu i dalekim zvijezdama — pa kako se onda može znati njihova daljina? Nasreću, da se izmjeri daljina, na primjer Mjeseca, nije potrebno izići čak ni iz svoje sobe, a nekmoli putovati na sam Mjesec! Za takvo mjerenje ili računanje treba samo malo oštroumnosti i točna sprava za mjerenje kutova. Sam način, kako se mjeri daljina Mjeseca, što mnogi ne bi očekivali, prilično je jednostavan. Štaviše, ima nekoliko načina mjerenja Mjesečeve daljine. Mi ćemo ovdje, sasvim pojednostavljeno, opisati tri najpoznatija načina.

Prvi način (metoda) polazi od poznatog pravila, koje glasi: svaki nam se predmet čini toliko puta manji, koliko je puta dalje od nas. Najbolje ćemo se osvjedočiti o istinitosti toga pravila na slijedećem primjeru. Neka je neki čovjek daleko od nas 10 metara, pa neka zatim stane na daljinu od 20 metara (sl. 1.). Šta pritom primjećujemo? Primjećujemo, da nam se on na daljini od 20 metara čini dvaput manji[1] (jer je dvaput dalje!), nego što je bio na daljini od 10

[1] Točno uzevši, čovjek nam se ne smanji na dvostrukoj udaljenosti baš posve točno na polovinu, nego bude nešto malko veći od polovine (u ovom slučaju otprilike za stoti dio svoje veličine). Međutim, kad se računa s velikim udaljenostima (i malim kutovima), ta se sitna netočnost toliko smanji, da se na nju praktično ne treba uopće obazirati.



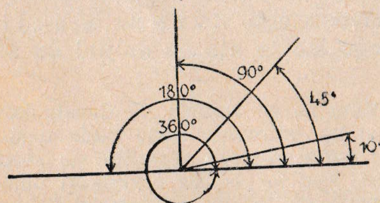

*Sl. 1. Kad gledamo čovjeka na daljini od 20 metara, on nam izgleda 2 puta manji nego čovjek, koji je od nas daleko 10 metara*

metara. To se u naučnom govoru naprosto kaže: »Vidimo ga pod dvaput manjim kutom«. Neka je, na primjer, taj čovjek bio srednjeg stasa (175 centimetara). Na daljini od 10 metara vidjet ćemo ga pod kutom (uglom) od okruglo 10° (čitaj: deset stupnjeva[1]), a na daljini od 20 metara pod kutom od 5° (sl. 1.).

Na daljini od 60 metara vidjeli bismo čovjeka gotovo točno 6 puta manjim nego na daljini od 10 metara. Ako bi on bio visok 175 cm, vidjeli bismo ga pod kutom od 1°40′ (čitaj jedan stupanj i četrdeset lučnih minuta).

---

[1] Kao što je metar mjera za daljine, tako je stupanj mjera za kutove (uglove). Čitav krug ima 360°, pol kruga 180°, četvrt kruga ili t. zv. »pravi kut« ima 90° (sl. 2.). Pravi kut na pr. čine sa Zemljom svi predmeti, što stoje okomito (okomiti stupovi, zidovi zgrada i t. d.). Polovica pravog kuta je kut od 45°. To je već t. zv. »šiljasti kut«, što ga na pr. vidimo kod nekog strmijeg krova, poluraširenih škara i sl. Još pod manjim kutom penje se cesta ili željeznica uz neki uspon. Kut može biti manji i od jednog stupnja. Zato je stupanj podijeljen još na manje dijelove, na 60 minuta. A da bi se mogli izmjeriti i najsitniji kutovi, podijeljena je svaka minuta još i na 60 sekunda. Te (t. zv. »lučne«) minute i sekunde posve su nešto drugo nego vremenske minute i sekunde (dijelovi sata), kojima mjerimo vrijeme.

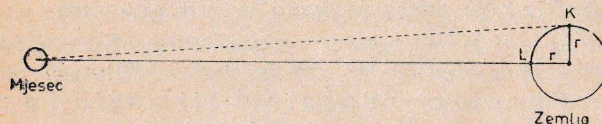



*Sl. 2. Podjela kruga na stupnjeve*



Međutim, to se saznanje može iskoristiti i u protivnom smislu. Ako na pr. promatramo u polju čovjeka i znamo, da je visok baš 175 cm, ali ne znamo, koliko nam je daleko, pa uzmemo spravu za mjerenje kutova i izmjerimo, da se, recimo, vidi pod kutom od 1°40′, odmah ćemo znati, d a m o r a b i t i o d n a s d a l e k o u p r a v o 60 m e t a r a! Imamo li točnu spravu za mjerenje kutova, možemo se mjerenjem uvjeriti, da se taj čovjek poveća za šezdeseti dio svoje veličine, ako se sa 60 metara pomakne za 1 metar bliže k nama (t. j. na daljinu od 59 metara). Drugim riječima: ako se predmet poveća za šezdeseti dio svoje veličine, znači, da nam se približio za šezdeseti dio svoje daljine. Zapamtimo dobro taj slučaj!

S pomoću toga, što smo dosad rekli, možemo lako razumjeti, kako se računa daljina Mjeseca. Postavimo pitanje: je li nam Mjesec bliže, kad nam je nad glavom, ili kad je nisko nad obzorom (pri izlazu ili zalazu)? Ako pod daljinom Mjeseca mislimo njegovu udaljenost od središta Zemlje, tada nam je jasno, da nam je Mjesec bliže, kad nam je nad glavom, jer nam je tada bliže upravo za veličinu Zemljina polumjera.[1] To se lijepo vidi na slici br. 3. Kad nam je Mjesec na obzorju, mi se nalazimo kod slova K. Za 6 sati se Zemlja okrene (za




*Sl. 3. Mjesec, kad nam je nad glavom, bliže je Zemlji za jedan Zemljin polumjer*

---

[1] Polumjer Zemlje je daljina od središta Zemlje do njene površine. Polumjer Zemlje iznosi okruglo 6370 kilometara, a njen promjer (t. j. 2 polumjera) 12740 kilometara.

jednu četvrtinu svog dnevnog okreta), tako da se onda nalazimo kod slova L, t. j. Mjesec nam je nad glavom. Vidi se na slici, da smo tada Mjesecu bliže točno za 1 zemaljski polumjer (r).

A sada dolazi ono, što je najzanimljivije i najvažnije u ovoj priči: točna sprava za mjerenje kutova pokazuje nam, da je Mjesec, kad nam je nad glavom, za jednu šezdesetinu veći nego što je bio, dok se nalazio nisko na obzorju! Iz toga zaključujemo: ako je za jednu šezdesetinu veći, znači da je i za jednu šezdesetinu bliže. A vidjeli smo na slici, da je uistinu bliže za čitav Zemljin polumjer. Dakle, Zemljin je polumjer jedna šezdesetina Mjesečeve daljine! A kad znamo, koliko iznosi $^1/_{60}$ Mjesečeve daljine, lako je izračunati čitavu daljinu: pomnožimo naprosto polumjer Zemlje sa 60 (točno 6378,39 × 60,2665) i dobit ćemo 384.403, t. j. daljinu Mjeseca u kilometrima.

Ovdje treba napomenuti, da se golom oku, doduše, čini, da je Mjesec pri izlasku ili zalasku veći, nego kad je visoko na nebu. Ali to je poznata obmana vida (t. zv. »optička varka«), a nastaje zbog toga, što se predmeti (kuće, drveće, i sl.) na obzorju čine veoma maleni prema Mjesecu, pa se on zbog toga čini tako golem. Obična nam fotografija lako pokazuje, kako se naše oko vara.

Nego, kad je već riječ o fotografiranju Mjeseca, onda možemo spomenuti i to, da se daljina Mjeseca može izmjeriti na mnogo jednostavniji način i s pomoću obične fotografije! Ne treba pri tome čak ni sprave za mjerenje kutova, a ne mora čovjek baš ni znati što su stupnjevi, minute i sekunde. Evo kako se to čini.

Fotografiramo — sad već znamo zašto — Mjesec, jedamput kad je na izlasku, a jedamput kad nam je nad glavom. Izmjerimo li točno širinu Mjeseca na jednoj i



na drugoj fotografiji pa usporedimo te veličine, vidjet ćemo, da je širina Mjesečeve slike na izlasku za jednu šezdesetinu manja od širine slike, kad nam je Mjesec bio nad glavom. A zaključak iz toga već nam je poznat: Mjesec nad glavom veći nam je za

jednu šezdesetinu,

znači, bliže nam je za

jednu šezdesetinu

svoje daljine, a ta šezdesetina je upravo polumjer naše Zemlje (vidi sliku br. 3).

Dakle, jedna šezdesetina Mjesečeve daljine velika je kao polumjer Zemlje. A ako znamo, koliko je jedna šezdesetina Mjesečeve daljine, onda je lako znati, kolika je čitava daljina: pomnožimo 6.370, t. j. polumjer Zemlje sa 60!

Eto, izmjerili smo, odnosno izračunali, daljinu Mjeseca, a da nismo morali izići ni iz svoje sobe!

Međutim, kad se prvi put, prije 200 godina (1752. godine), točno izmjerila daljina Mjeseca, moralo se ići čak na južnu stranu Afrike. Učinili su to poznati francuski astronomi Lalande i Lacaille (čitaj: Laland i Lakaj). Jedan je promatrao položaj Mjeseca iz Evrope, a drugi s Rta Dobre Nade (Južna Afrika). Opisat ćemo pojednostavljeno, u čem se sastoji njihova metoda mjerenja i računanja, jer se ona bitno razlikuje od čas prije opisane metode.

Teško je naći dovoljno lijepu riječ, da se izrazi, koliko su mudru stvar ljudi učinili, kad su počeli da se bave mjerenjem kutova. Naročito se to vidi, kad treba izmjeriti visinu ili daljinu nekog nepristupačnog predmeta. Tako mi danas možemo izmjeriti visinu kuće, brda ili tornja, a da se uopće ne penjemo na te predmete, ili opet daljinu nekog predmeta na drugoj obali široke rijeke, a da ne idemo preko nje. Mi ćemo ovdje upotrebiti samo najjednostavnije zaključke iz nauke

o kutovima, t. j. samo toliko, koliko nam je potrebno, da možemo pratiti podvig Lalanda i Lacaillea. Uzmimo, da promatramo neki toranj u mjestu, kojem ne znamo daljinu. Mi ne znamo ni koliko je toranj visok, ni koliko je daleko. Pa ako već i znamo jedno od to dvoje, (t. j. bilo visinu bilo daljinu), još nikako ne znamo ono drugo. Morali bismo naprosto ići tamo pa sve to izmjeriti. Ali jedno se ipak može izmjeriti, a da se ne maknemo s mjesta: možemo izmjeriti kut, pod kojim vidimo visinu tornja. Recimo, da se toranj vidi pod kutom od $1^0$. Da li nam taj kut što kaže? U prvi čas ništa naročito, ali u stvari veoma mnogo! On nam kaže, da je udaljenost tornja od nas 57 puta veća od njegove visine. Da se tu slučajno radi o tornju zagrebačke katedrale (koji je visok dobrih 100 metara), i da naš kutomjer pokazuje, da ga vidimo pod kutom od $1^0$, mi bismo odmah znali, da smo od tornja daleko 5700 (57 puta 100) metara t. j. blizu 6 kilometara. Ali taj se zaključak može iskoristiti i u protivnom smislu. Ako znamo, da smo od tornja daleko 5700 metara i izmjerimo kutomjerom, da se toranj vidi pod kutom od $1^0$, tada ćemo odmah znati, da je toranj visok 100 metara (5700 : 57). Dakle, eto izračunali smo visinu tornja, a da se nismo morali na nj popeti[1]!

Ali, sve je to lijepo, reći ćete vi, no kako su ljudi došli do tog saznanja, da je udaljenost svakog predmeta, koji se vidi pod kutom od $1^0$ (bez obzira na njegovu veličinu), 57 puta veća nego što mu je veličina? To je vrlo jednostavno rastumačiti. Uzmimo štap dugačak točno 1 metar i odnesimo ga toliko daleko, dok ga ne vidimo

[1] Tako se izmjerila i visina najvišeg brda na svijetu (Mount Everesta u planini Himalaji — visina 8882 m) još davno prije nego su jedina dva ljudska bića (Tensing i Hilary 1953. god.) stupila svojom nogom na vrhunac toga gorostasa, što je pokriven vječnim snijegom i ledom.



točno pod kutom od $1^0$. Ako sada metrom izmjerimo daljinu, do koje smo morali odnijeti štap, dobit ćemo uvijek, da ona iznosi 57 metara[1].

Kad to znamo, onda nam je lakše razumjeti sve ostalo. Sad se već domišljamo, da bismo mogli saznati daljinu Mjeseca, kad bismo samo znali, pod kojim se kutom s Mjeseca vidi neka poznata daljina na Zemlji (na pr. promjer Zemljine kugle). Ali kako da izmjerimo taj kut, kad ne možemo na Mjesec? Oštroumlje astronoma riješilo je i taj zadatak. Lalande i Lacaille izmjerili su taj kut tako, da je jedan od njih zabilježio položaj Mjeseca na nebu gledajući ga s evropskog kopna, a drugi s afričkog. Pokušat ćemo tu stvar prikazati na jednom posve pojednostavljenom primjeru. Sjedite vi, recimo, uz vašeg druga na nekoj skupštini. Sprijeda, za stolom, sjede jedan uz drugoga predsjednik i tajnik. Dvorana, gdje se održava skupština, povelika je, pa je u sredini poduprta stupom. Taj se stup nalazi upravo između vas i rukovodilaca skupštine. I, recimo, vama stup upravo smeta, da sa

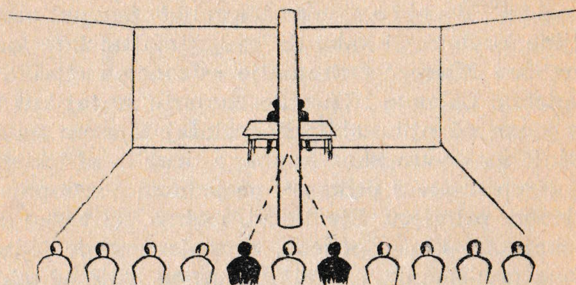
[1] To se može još bolje i točnije saznati posve računskim putem. Tko voli malo matematiku, evo mu objašnjenja. Krug ima $360^0$. Opseg kružnice je $2 r \pi$ (t. j. 2 polumjera puta 3,14). Uzmemo li kružnicu s opsegom od 360 metara, bit će: $2 r \pi = 360$. Odatle izlazi, da je polumjer

$$r = \frac{360}{2\pi} = \frac{360}{2 \cdot 3{,}14} = 57$$

Dakle, daljina svakog predmeta, koji se vidi pod kutom od $1^0$, 57 puta je veća od njegove veličine. Iz tog se računa može dalje dobiti, da je daljina svakog predmeta, koji se vidi pod kutom od pola stupnja, 114 puta veća nego što mu je veličina, a pod kutom od 1 minute 3438 puta, pod kutom od 1 sekunde 206.265 puta.

Taj račun vrijedi za velike kutove samo približno, jer je metar ravan, a krug je zavinut. Kod manjih je kutova ta razlika gotovo beznačajna.

svog mjesta vidite predsjednika. Tajnika, međutim, vidite posve dobro. (Sl. br. 4). Saopćite to svome drugu, što sjedi do vas, a on vam veli: »Tä kod mene je upravo naopako. Ja od stupa ne vidim tajnika, a predsjednika vidim posve dobro«. Kakav zaključak možemo izvesti iz tog slučaja? Vi i vaš drug — zato, što ste stup gledali

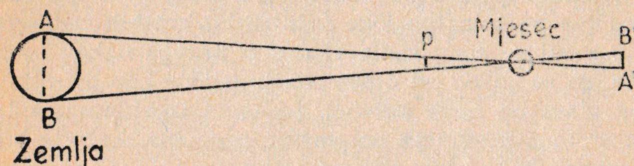


*Sl. 4. Dva čovjeka, koji sjede jedan uz drugoga, vide stup u različitim pravcima*

s dva različita mjesta, vidjeli ste ga svaki u drugom pravcu (smjeru). Vaš je drug vidio stup u pravcu, gdje je sjedio tajnik (zato mu je tajnik i bio zaklonjen), a vi ste vidjeli taj isti stup u pravcu predsjednika.

Prenesimo sad ovo naše saznanje na promatranje svemirskih tjelesa. Kad dva čovjeka gledaju Mjesec, svaki će ga od njih dvojice vidjeti na drugom mjestu na nebu (iz istih razloga, što smo ih maločas opisali u našoj priči o stupu). Ali, budući da je Mjesec vrlo daleko od nas, moraju promatrači biti vrlo razdaleko jedan od drugog, da bi se mogla jasno zapaziti (i izmjeriti) razlika u položaju Mjeseca na nebeskom svodu. Sad nam je razumljivo, zašto je jedan od astronoma morao ići čak na jug Afrike. Slika br. 5 nam prikazuje ono, što je bilo najvažnije pri tom mjerenju. Astronom, koji je na Zemlji stajao u mjestu A, vidio je Mjesec kod slova A'. Onaj drugi astronom, što je stajao u mjestu B, vidio je Mjesec kod B'. Dakle, za njih se obojicu položaj Mjeseca na nebu razlikovao za kut A'B'. A taj je kut ustvari jednak kutu, pod kojim bismo otprilike vidjeli Zemlju s Mjeseca (kut *p* na našoj slici). Eto, konačno smo sa-






*Sl. 5. S različitih krajeva Zemljine kugle vidimo Mjesec na različitim mjestima na nebeskom svodu*

znali ono, što nas je najviše zanimalo: kut, pod kojim se vidi Zemlja s Mjeseca! Pa kolik je on? Iz mjerenja Lalanda i Lacaillea izlazi, da se promjer Zemljine kugle vidi pod kutom od malone čitava dva stupnja (točno $1^{0}54'5''$). Iz toga izlazi, da daljina Mjeseca mora biti okruglo 30 puta veća od promjera Zemljine kugle (jer daljina svakog predmeta koji vidimo pod kutom od $2^{0}$, otprilike je 30 puta veća, nego što mu je veličina). Pomnožimo li sada promjer Zemlje sa 30, dobijemo poznati nam već broj za daljinu Mjeseca, koji zaokružen iznosi 380 tisuća kilometara.

Dosad smo, eto, upoznali dva najvažnija načina kako se može izmjeriti udaljenost Mjeseca: jedan je način bio s pomoću mjerenja razlike Mjesečeve veličine, kad nam je on na obzorju i kad nam je nad glavom, a drugi način s pomoću mjerenja kuta, pod kojim bi se vidjela Zemlja s Mjeseca. Ima još i drugih načina. Mi ćemo spomenuti još samo jedan, i to onaj najsavremeniji. Taj je način istovremeno najjednostavniji, najbrži i najdomišljatiji:

To je mjerenje Mjesečeve udaljenosti s pomoću radara.

Poznato je već, da je radar najsavremeniji aparat, koji je prvi puta upotrebljen u prošlom ratu. To je »vještačko oko«, koje vidi kroz noć, maglu i oblake. Radar nam kaže točno, gdje su i — što je najvažnije — kako su daleko neprijateljski aeroplani, brodovi i sl. Radar se osniva na principu jeke (odbijanja) kratkih radio-valova: pusti se snop radio-valova u pravcu nekog predmeta, da se valovi od njega odbiju (slično kao jeka ljudskog glasa od neke stijene), pa onda izračunamo udaljenost toga predmeta na osnovu vremena, koje je bilo potrebno, da se radio-val povrati natrag.

Tako su nedavno (1946. god.) mađarski i američki astronomi usmjerili radio-valove prema Mjesecu, i valovi su se, odbijeni od Mjeseca, vratili natrag na Zemlju za — dvije i pol sekunde!

Poznato je, da se radio-valovi šire brzinom od trista tisuća (300.000) kilometara u sekundi. (To je najveća brzina u svemiru: za jednu sekundu radio-val obiđe sedam puta oko čitave Zemljine kugle!)

Budući da se jeka vratila s Mjeseca za dvije i pol sekunde, nakon što je sa Zemlje poslan signal, znači, da je do Mjeseca trebala samo polovica vremena, t. j. jednu sekundu i četvrt. A za sekundu i četvrt radio-signal prijeđe oko 380.000 kilometara.[1]

Tako smo, eto, i po treći put dobili za udaljenost Mjeseca isti broj — 380.000 kilometara.

Velik je to i za naše svakidašnje pojmove neobičan broj. (U astronomiji to je tek početak računanja. Tä Mjesec je Zemlji najbliže nebesko tijelo!) Pokazat ćemo

[1] Mi smo ovdje, radi jednostavnosti, naveli grubo jednu sekundu i četvrt — radar je, ustvari, tako precizan aparat, da bilježi povratak radio-signala s točnošću od tisućnina i milijuntina sekunde.



na nekoliko primjera, kako taj broj izgleda u našim običnim ljudskim mjerilima. Pješak, koji bi htio prevaliti put od 380.000 kilometara, morao bi, pješačeći po 30 km na dan, putovati preko 30 godina. Najbrži bi vlak morao juriti dan i noć bez prestanka više od 5 mjeseci, a najbrži aeroplan 16 dana. Zrno iz jaka topa moralo bi letjeti 4 i pol dana!

Znamo, da vi sad još hoćete da pitate: A kako se izmjerila daljina Sunca, koje je gotovo 400 puta dalje od Mjeseca, i kako su se izmjerile neshvatljivo goleme daljine zvijezda, od kojih su čak i najbliže preko 100 milijuna puta dalje od Mjeseca?

O tome ćemo govoriti u idućim poglavljima.

## Kako je bila izmjerena daljina Sunca godine 1761. pri prolazu planeta Danice ispred njega

U prošlom smo se poglavlju ove knjižice malko iznenadili, kad smo vidjeli, kako je za astronome posve jednostavna stvar izmjeriti daljinu Mjeseca. Sada, kad hoćemo da vidimo, kako se izmjerila daljina Sunca, možda će se tko prenagliti i reći: »Pa to je sad lako, treba samo, kao i kod Mjeseca, izmjeriti kut, pod kojim se vidi sa Sunca naša Zemlja, a čim imamo taj kut, račun je lak«. Da, račun je lak i jednostavan, ali taj kut nije lako izmjeriti! Ako stane jedan astronom s jedne strane Zemlje, a drugi s druge strane, jalov će im biti posao, ako budu htjeli izmjeriti razliku u položaju Sunca na nebu. To je, kako smo vidjeli, kod Mjeseca uspjelo. Ali Sunce je otprilike 400 puta dalje od Mjeseca, pa je stoga (a naročito s obzirom na veliku i sjajnu Sunčevu ploču) nemoguće točno izmjeriti tako sitan kut.

Pa što sada?

Domišljatost astronoma riješila je i taj, naoko nerješiv problem!

Još godine 1678. došao je mladi astronom Halley[1] na sretnu misao, da se za određivanje daljine Sunca može iskoristiti prolaz planeta Danice (Venere) ispred Sunca. Tom se prilikom Danica ukazuje kao sitna crna točkica na sjajnoj Sunčevoj ploči. Budući da je Danica u tom trenutku tri puta bliže Zemlji nego Suncu, lakše je izmjeriti kut, pod kojim se vidi Zemlja s Danice, nego kut, pod kojim se vidi Zemlja sa Sunca. A čim izmjerimo taj kut, bit će dalje račun jednostavan, kako ćemo kasnije vidjeti.

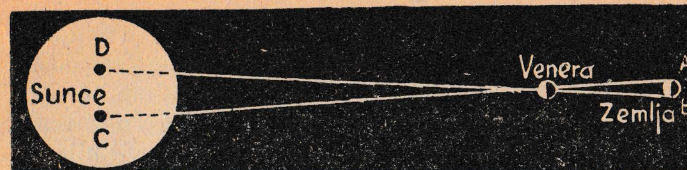
Prije nego opišemo, kako je sve to bilo izvršeno, napomenut ćemo jednu zanimljivu okolnost: prolaz Danice (ili Venere — kako je zovu astronomi) ispred Sunca vrlo je rijedak događaj. To se dogodi prosječno jedamput u 100 godina. Halley je bio mladić od 22 godine, kada je 1678. godine došao na svoju glasovitu misao, a idući prvi prolaz Danice ispred Sunca[2] imao se dogoditi tek godine 1761., t. j. nakon 83 godine. Halley bi tada imao 103 godine. On je dobro znao, da taj veliki i znameniti događaj ne će doživjeti, ali je ipak, kao što dolikuje astronomu i učenjaku, priredio nesebično materijal za astronome, koji će ga nadživjeti, i toplo im preporučio, da iskoriste tu priliku, kako bi nakon toliko vjekova čežnje čovječanstvo ipak već jednom saznalo, koliko je daleko Sunce!

---

[1] Čitaj: Halej (po tom je astronomu dobila ime glasovita velika repatica, što se pojavila nekoliko godina prije Prvog svjetskog rata).

[2] Cijelo ovo stoljeće ne će biti ni jednog prolaza Danice ispred Sunca. Prvi prolaz desit će se tek 7. lipnja 2004. godine!






*Sl. 6. Prolaz Venere ispred Sunca*

I došla je konačno dugo iščekivana godina 1761. Halley je već odavno bio mrtav. Danica se pojavila kao sitna crna točkica pred užarenom Sunčevom pločom. Što su mjerili astronomi, koji su se tada načičkali oko čitave zemaljske kugle, prikazuje naša slika broj 6. Onaj astronom, što je stajao na jednoj strani zemaljske kugle (na našoj slici kod slova »A«), vidio je Danicu kao crnu točkicu na Suncu (na našoj slici kod slova »C«), a drugi astronom, što je stajao na drugoj strani Zemlje (na slici kod slova »B«), vidio je također Danicu kao crnu točkicu na Suncu (ali kod slova »D« na našoj slici). Kad su ta dva astronoma poslije pokazali jedan drugom svoja opažanja i bilješke, mogli su točno odrediti razliku (udaljenost) između točke C i D. Taj je kut iznosio okruglo 48″ (čitaj: 48 lučnih sekundi).

Što je zapravo taj kut?

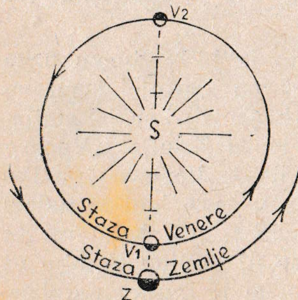
Da bismo to mogli znati, potrebno je spomenuti još jednu stvar.

Planet Danica (Venera) nešto je bliže Suncu nego Zemlja. I ona putuje oko Sunca po kružnici (zapravo po elipsi, t. j. malo rastegnutoj kružnici) kao i Zemlja. Naša slika br. 7 pokazuje nam stazu Zemlje i Venere oko Sunca. Na toj slici vidimo, da je Venera otprilike tri puta bliže Zemlji nego Suncu u času, kad se nalazi na najmanjoj udaljenosti od Zemlje. Ali, kako mi to možemo znati, kad još ne znamo ni daljinu Zemlje ni Danice? Vrlo jednostavno. Kad nam je Danica najbliže.

ona nam se čini 7 puta veća (sl. 8.), nego kad je najdalje (t. j. kad je na onom dijelu svoje staze, koji se nalazi s druge strane Sunca). Na slici 7. je Danica najbliže Zemlji nacrtana kod slova $V_1$, a najdalje kod $V_2$. Tu smo sliku (još i ne znajući pravu udaljenost Danice i Zemlje od Sunca u kilometrima) nacrtali tako, da smo dužinu od slova Z (Zemlja) do slova $V_2$ (najveća udaljenost Danice) jednostavno podijelili na sedam jednakih dijelova. Pritom vidimo, da je Danica u točki $V_1$ i $V_2$ jednako daleko od Sunca. Dakle, Sunce je u sredini između $V_1$ i $V_2$. Zato smo ga i nacrtali u središtu, a unaokolo povukli (kroz točku $V_1$ i $V_2$) kružnicu, koja prikazuje stazu Danice.

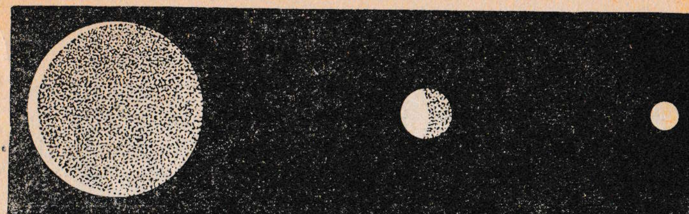
Pa što možemo naučiti iz te slike? Na toj slici odmah vidimo, da je Danica, kad je najbliže Zemlji, tri puta bliže Zemlji nego Suncu. To je vrlo važno otkriće! Kad smo to saznali, možemo se vratiti na našu sliku broj 6.

Na toj je slici dužina od točke A do B udaljenost između naših dvaju astronoma na različitim stranama zemaljske kugle. A udaljenost od točke C do D na Suncu mora biti tri puta veća nego od A do B. Zašto? Zato, što je Sunce tri puta dalje od Danice nego Zemlja, a obje te dužine nalaze se pod istim kutom, t. j. između




*Sl. 7. Staza Venere (Danice), položaj Zemlje i Sunca. S je Sunce, Z je Zemlja, $V_1$ Venera (kad je najbliže Zemlji), $V_2$ Venera (kad je najdalje od Zemlje)*





*Sl. 8. Prividni izgled i veličina Venere, kad je najbliže Zemlji (lijevo), kad je na srednjoj udaljenosti i kad je najdalje (desno). Zanimljivo je, da Danica pokazuje u velikom dalekozoru faze (mijene) kao i Mjesec*

dva pravca, koji se sijeku, a dužina C—D tri puta je dalje od sjecišta pravaca nego dužina A—B[1].

Budući da mi znamo, da dužina A—B (promjer zemaljske kugle) iznosi 12740 kilometara, lako je izračunati, da je dužina C—D na Suncu 38220 kilometara (t. j. 3 puta 12740). Eto, sad već znamo neku veličinu na Suncu! A kolik je promjer čitava Sunca ukupno? To je sada lako saznati, čim već znamo neku daljinu na Suncu. Daljina između C i D na Suncu je 36-ti dio[2] širine Sunčeve ploče (t. j. Sunčeva promjera). Dakle, Sunčev promjer iznosi 36 puta 38220 kilometara, a to je zaokruženo 1 milijun i 400 hiljada kilometara!

Tako smo, eto, saznali prevažnu stvar: koliko je Sunce. A čim znamo, koliko je Sunce, tada je već lako izračunati, koliko je ono daleko. Jer ako mu je promjer više nego 100 puta veći od promjera čitave naše Zemlje, tada ono mora da je silno daleko, kad nam se oku pri-

[1] Kome ovo nije baš sasvim jasno, neka razmotri malo našu sliku broj 1 na strani 4., pa neka malo razmišlja, koliko puta bi morao od čovjeka biti manji neki predmet, koji bismo postavili 3 puta bliže, a da ga vidimo pod istim kutom.

[2] Na našoj slici je udaljenost C—D nešto prevelika prema promjeru Sunca (pravi odnos veličina bio bi presitan za razgovijetan crtež).

kazuje kao tako malena ploča na nebeskom svodu (ono se vidi pod kutom od neko *pola stupnja*).

Kako se sada iz toga može izračunati daljina Sunca?

Evo ovako. Budući da se Sunce vidi sa Zemlje pod kutom od približno pol stupnja (točno 32 lučne minute) njegova udaljenost je 114 puta veća od njegove veličine (vidi str. 9. opasku 1). Dakle 1,400.000 puta 114 (točnije 107). Iz toga dobijemo, da daljina Sunca od Zemlje iznosi okruglo

*150 milijuna kilometara*

(točno 149,504.000 kilometara, jer smo naprijed, radi jednostavnosti tumačenja, uzeli zaokružene brojeve)[1].

Sunce je, dakle, gotovo 400 puta dalje nego Mjesec.

*

Saznali smo, konačno, prevažnu stvar: koliko je daleko Sunce!

Stoljećima je ljudski um težio da odgonetne tu tajnu svemira. Stoljećima su najveći učenjaci razmišljali kako da to dokuče, jer je Sunce ne samo izvor života na našoj Zemlji, nego je ono i središte svemirskog sistema, u kojem se nalazi Zemlja i planeti. A nije se mogla riješiti zagonetka, koliko je velik taj sistem u kojem živimo, dok se ne izmjeri osnovna udaljenost — udaljenost Zemlje od Sunca. Dakako da se, opet, o veličini ostalog Velikog svemira nije moglo ni misliti, dok se ne sazna veličina Sunčeva sistema.

---

[1] Ovaj naš opis mjerenja daljine Sunca ispao je prilično dugačak, jer se nismo htjeli služiti višim matematičkim operacijama, koje nisu učili oni, što nisu svršili više razrede gimnazije. Za one, koji dobro znaju matematiku, stvar se može rastumačiti u dva-tri retka. Iznijet ćemo to zbog zanimljivosti. Pri prolazu planeta Venere izmjerilo se, da kut, pod kojim se vidi polumjer Zemlje sa Sunca (t. zv. »*paralaksa*«), iznosi 8″,8. Ako polumjer Zemlje označimo sa r, tada je daljina Sunca $d = r \text{ cotangens } 8'', 8 = 6370 \text{ cotangens } 8'', 8 = 149{,}504.000$.



I naš je najglasovitiji učenjak i filozof Ruđer Bošković bio jedan od onih velikih ljudi, koji su se zalagali, da se pod svaku cijenu iskoristi prolaz Venere (1761) ispred Sunca, da bi se konačno saznala udaljenost Sunca. On je o važnosti toga događaja održao i jedno predavanje u Londonu, pa ga je tamošnje »Kraljevsko društvo« odredilo, da kao jedan od najpriznatijih stručnjaka na svijetu ide promatrati prolaz Venere sa zapadnog dijela američkog kontinenta. Međutim, nije mu uspjelo tamo otputovati, nego je pošao u Carigrad da odonud promatra prolaz Venere, ali se na putu razbolio.

*

Na način, što smo ga čas prije opisali, uspjelo je čovjeku da prvi put točno sazna, koliko je daleko Sunce od Zemlje. Ali ako je to prvi način, on nije zato i jedini. Danas imamo već mnogo drugih metoda, kojima se može izračunati daljina Sunca. Prelazilo bi zadatak i opseg ove male knjižice, da potanko opisujemo sve druge načine mjerenja i računanja. Ipak, da bismo zadovoljili želji naših čitalaca, nabrojit ćemo samo nekoliko najpoznatijih metoda mjerenja Sunčeve daljine. To su:

2) s pomoću brzine svjetlosti i pomrčanja Jupiterovih mjeseci;

3) s pomoću planetoida Erosa, kad se najviše približi Zemlji;

4) s pomoću aberacije svjetlosnih zraka i t. d.

Dakako, svi ti računi daju bez izuzetka uvijek jedan te isti rezultat: 150 milijuna kilometara, te je to najbolji dokaz, da nađena daljina odgovara istini.

*

Kad smo tako doznali udaljenost Sunca, dobro bi bilo da kažemo koju riječ i o njegovoj veličini. Rekli smo na str. 17., da promjer Sunca iznosi jedan milijun četirista tisuća kilometara (točno 1,391.000 km).

Što znači promjer od 1,400.000 kilometara?

Budući da je Mjesec od Zemlje daleko »samo« 380.000 km, mogli bismo ga zajedno sa Zemljom postaviti u njihovoj prirodnoj udaljenosti u jednu četvrtinu Sunčeve kugle, pa bi se Mjesec u toj četvrtini Sunca mogao okretati oko Zemlje, a da uopće ne izađe iz te Sunčeve četvrtine! Sunce je tako veliko, da bi brzi vlak tek za godinu i pol dana prevalio put, koliko iznosi od jednog do drugog kraja Sunčeve kugle.

Sad nam je jasno, što to znači, kad čujemo od astronoma, da je Sunce milijun i trista tisuća puta veće od naše Zemlje.

Sunce je džinovska plamena kugla, koja na površini ima temperaturu od 6.000 stupnjeva Celzija (t. j. 4 puta veću od rastaljena čelika — zato je tu sve u usijanoplinovitom stanju), a u utrobi Sunca temperatura doseže nekoliko desetaka milijuna stupnjeva Celzija. Tolika se temperatura na Suncu već milijune godina razvija pretežno iz procesa pretvaranja elementa vodika u helij, t. j. upravo iz onoga procesa, koji je tek nedavno uspjelo učenjacima ostvariti vještačkim putem i na našem planetu, a u onoj zloglasnoj hidrogenskoj bombi.

Možemo zamisliti, kakve su strahovite plamene oluje na Suncu, kad na njemu pojedini plamenovi (zvani »protuberance«) dosežu visine od blizu milijun kilometara. To su visine, kao kad bi postavili jednu nad drugu osam milijuna zagrebačkih katedrala, ili 100.000 Mount Everesta!

Sunce je dakle, za naše zemaljske pojmove upravo neshvatljivo golema vatrena kugla, u kojoj se kao u nekom divovskom kotlu odigravaju veličanstveni fizikalni i kemijski procesi, prema kojima je i strahota od naše hidrogenske bombe prava pravcata igrarija — igrarija sulude, da ne kažem nehumane, zemaljske djece.

*



Tako smo, eto, upoznali način i historijat prvog mjerenja udaljenosti Zemlje od Sunca. A sad da kažemo nekoliko riječi o toj mjeri.

Daljina Zemlje i Sunca, koja iznosi, kako smo vidjeli, okruglo stopedeset milijuna kilometara, zove se u astronomiji »nebeskim metrom«. Iz toga zaključujemo, da tu mjeru astronomi upotrebljavaju za svoja mjerenja svemirskih udaljenosti. No što zapravo znači taj fantastičan broj — 150,000.000 kilometara? Teško je zamisliti te cifre. Da pokušamo, onako »naški«, da ih prikažemo: da zrno iz jaka topa prijeđe daljinu od 150,000.000 kilometara, trebalo bi da leti gotovo 5 godina bez prestanka! Aeroplan što leti brzinom od 1.000 kilometara na sat, trebalo bi za istu daljinu 17 godina. Najbrži vlak, jureći dan i noć brzinom od 100 km na sat, prevalio bi toliku daljinu za 170 godina. Znači, da sad krenemo takvim vlakom, tek bi praunuci naših praunuka došli na cilj!

Toliki je, eto, nebeski metar!

Daljine planeta, redom kako su udaljeni od Sunca, iznose u toj mjeri: Merkur 39 centimetara, Venera (Danica) 72 centimetra, Zemlja 1 metar, Mars 1 metar 52 centimetra, Jupiter 5 metara 20 centimetara, Saturn 9 i pol metara, Uran 19, Neptun 30 i Pluton 40 metara[1].

Ali ako hoćemo dalje, makar i do najbližih zvijezda, nebeski je metar već premalen: Do najsjajnije zvijezde stajačice na nebu, do blistavog Siriusa (koji nam je jedna od najbližih zvijezda), ima već preko pol mi-

---

[1] Kad znamo udaljenost Zemlje, tada lako možemo izračunati i udaljenosti pojedinih planeta po t. zv. »trećem zakonu« astronoma Keplera. Taj zakon veli da postoji točan matematički odnos između udaljenosti planeta od Sunca i vremena, koje je potrebno da planeti obiđu oko Sunca (za one, koji vole matematiku, možemo navesti kako taj zakon glasi: »Kvadrati sideričkih ophodnih vremena planeta odnose se kao kubusi njihovih srednjih udaljenosti od Sunca).

lijuna nebeskih metara! A do jednog od najbližih zasebnih svjetova u svemiru, koji su slični našem svijetu Kumovske slame, do glasovite spiralne maglice u zviježđu Andromede, ima preko 100 milijardi nebeskih metara. Što ćemo, kad je nebeski metar tek mjera za naše kućne potrebe u Sunčevoj familiji. Usput budi rečeno, da je spiralna maglica u Andromedi tek početak Velikog svemira . . .

Mi ćemo se onamo morati zaputiti malo drugačijim metrom, nego što je ovaj, kojem su nekad dali ime »nebeski«.

Ali o tome u idućim poglavljima.

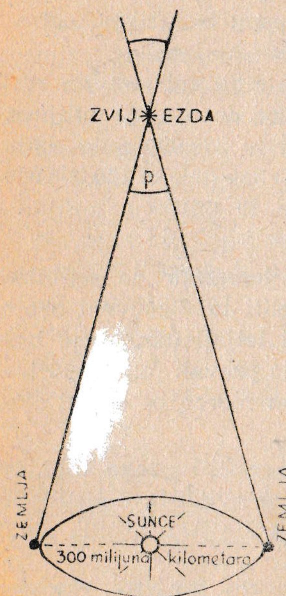
## Zvijezde u dalekom svemiru

Kad smo od mjerenja daljine Mjeseca prešli na mjerenje daljine Sunca, još smo nekako mogli, pozivajući, doduše, u pomoć i planet Danicu, iskoristiti ona naša dva astronoma, od kojih je jedan stao na jednu, a drugi na drugu stranu Zemlje. Sada, kad hoćemo izmjeriti daljinu zvijezda (pa makar i onih najbližih), taj način mjerenja potpuno je bezuspješan. Zvijezde su tako daleko, da oba naša astronoma vide svaku zvijezdu u istoj točki bez ikakvog pomaka. Tu je jasno jedno: zvijezde su predaleko, odnosno naši astronomi su preblizu jedan drugom, da bi mogli vidjeti zvijezdu na različitim mjestima na nebu zato, što je gledaju s različitih krajeva Zemljine kugle.

Pa što da se radi?

Zvijezde približiti ne možeš, a na veću daljinu, nego što je cijela Zemlja široka, ne mogu se dva čovjeka udaljiti. I opet su se astronomi domislili, kako bi doskočili toj tajni prirode. Što su učinili? Oni, kad već nisu mogli napustiti Zemlju, da bi stali malo podalje jedan od drugog, iskoristili su to, što Zemlja putuje i nosi astronome sa sobom. Evo u čemu je stvar. Zemlja putuje oko Sunca i za godinu dana obiđe svoj cijeli put (vidi sl. br. 9). Točno nakon pola godine Zemlja se nalazi na onom dijelu puta, koji je s druge strane Sunca. Udaljenost između ta dva položaja Zemlje iznosi dva puta po 150 milijuna kilometara, t. j. 300,000.000 kilometara. No, to je već lijepa daljina, znatno veća nego — za nas sada već zbog svoje sitnoće prezreni — promjer Zemljine kugle.

Daljina zvijezde se sad izmjeri na slijedeći način. Zabilježi se točno, gdje se na nebu nalazi neka zvijezda, i nakon šest mjeseci se pogleda, koliko se ona pomakla na nebeskom svodu zbog toga, što se Zemlja pomakla za 300 milijuna kilometara. Tako se dobije kut, pod kojim se vidi sa zvijezde promjer zemaljske staze (kut »p« na slici br. 7).[1] Kad znamo taj kut, račun je dalje lagan (slično kao i kod računanja Mjese-




*Sl. 9. Kako se mjeri kut, pod kojim se vidi s neke zvijezde promjer Zemljine staze. Jajolika krivulja predočuje put Zemlje oko Sunca*

[1] Zapravo se, radi jednostavnosti računanja, uzima polovina toga kuta. To je glasoviti kut »paralaksa«. Dakle, paralaksa neke zvijezde je kut, pod kojim se s te zvijezde vidi polumjer Zemljine staze oko Sunca, t. j. daljina Zemlje od Sunca.

čeve daljine). Pronašlo se, da je kut, pod kojim se vidi polumjer Zemljine staze čak i za najbližu zvijezdu manji od jedne lučne sekunde (1″)[1]. Kad bi taj kut bio velik točno jednu sekundu, onda bi ta zvijezda bila 206.265 puta[2] dalje od Sunca nego Zemlja. Međutim, budući da je za najbližu zvijezdu taj kut samo okruglo tri četvrtine sekunde, ona je 270.000 puta dalje od Sunca. (Rekli bismo »daleko je 270.000 nebeskih metara«). Ta zvijezda, što nam je najbliža od svih, zove se Proksima Centauri,[3] i ne vidi se iz naših krajeva, nego samo iz Afrike, Australije i drugih južnih predjela zemaljske kugle.

A sad da nešto malo reknemo o daljini najbliže zvijezde. Budući da je daljina Sunca od Zemlje 150 milijuna kilometara, a Proksima Centauri je 270.000 puta dalje nego Sunce, onda je ona u kilometrima daleko 150,000.000 puta 270.000, što iznosi otprilike 40 milijuna milijuna (t j. 40 bilijuna) kilometara.

Četrdeset bilijuna kilometara do najbliže zvijezde! Možemo li uopće zamisliti taj nečuveni broj? Zrno iz najjačeg topa moralo bi letjeti dan i noć bez prestanka milijun i pol godina, da prevali put od 40 bilijuna kilometara, a najbrži avion morao bi letjeti oko 5 milijuna godina.

Astronomi, da se ne bi morali mučiti s tako velikim brojevima, kad govore o daljinama zvijezda, smislili su zgodnu mjeru. Upotrebili su nešto, što je i milijun puta

---

[1] Koliko je to sitan kut, možemo sebi predočiti, ako zamislimo kut, pod kojim vidimo zrnce maka na daljini od četvrt kilometra. Ali ni to nije vrhunac astronomske točnosti — astronomi direktno mjere kutove, koji su i 30 puta sitniji od navedenog!

[2] Vidi primjedbu na str. 9.

[3] proxima znači latinski: najbliža; Centaur je ime zviježđa na južnom nebu.



brže od granate kakvog starijeg topa. To je svjetlost. Svjetlost juri brzinom od trista hiljada (300.000) kilometara u sekundi! To je najveća brzina u svemiru uopće. Za sekundu i četvrt zraka svjetlosti stigne čak do Mjeseca, za 8 minuta 20 sekunda na Sunce, a na najbližu zvijezdu za četiri i četvrt godine (4¼ godine)! Do najsjajnije zvijezde na nebu Siriusa stigne svjetlost za devet godina, t. j. Sirius je daleko oko 80 bilijuna kilometara.

Zato ćete čuti astronoma, kad govori o daljinama u svemiru, da nikada ne spominje kilometre, nego, recimo, kaže: Proksima Centauri je daleko 4¼ godine svjetlosti, Sirius 9 godina svjetlosti, zvijezda Deneb (u Labudu) 616 godina svjetlosti[1] . . . i t. d.

*

Kako da shvatimo te silne udaljenosti zvijezda, i što one znače? Što znači, na primjer, kad kažemo: Zvijezda Rigel (supergigant u najljepšem zviježđu neba — Orionu) daleko je od nas oko 500 godina svjetlosti? Znači, da kad bi tamo bilo razumnih bića, njima bi svjetlost s naše Zemlje došla sa zakašnjenjem od 500 godina,

---

[1] U novije vrijeme prevladava u astronomskoj stručnoj literaturi sve više mjera, koja je 3 i četvrt (točno 3,2598) puta veća od godine svjetlosti. Ta se mjera zove parsek (t. j. PARalaksa koja iznosi jednu SEKundu). Kako vidimo, »parsek« je dobio svoje ime po tome, što je to upravo takva daljina zvijezde, sa koje bi kut pod kojim se vidi polumjer Zemljine staze oko Sunca, iznosio točno jednu lučnu sekundu. Istina, nema ni jedne zvijezde, koja bi bila tako blizu, jer je paralaksa najbliže zvijezde još uvijek manja od jedne sekunde (iznosi, kako znamo, oko tri četvrtine sekunde), pa je prema tome najbliža zvijezda daleko 1 i jednu trećinu parseka.

Za astronomske je račune ta mjera mnogo praktičnija od godine svjetlosti. Parsek iznosi 30,,084.000,000.000, t. j.

t. j. njima bi tek sada zraka svijetla donijela otprilike ovu sliku sa Zemlje: kako se neki pomorac Krištof Kolumbo sprema na velik put s jedrenjačama, na veliki put preko mora na zapad, da bi kraćim putem došao u — »Japan« (a otkrio je tada Ameriku! Ali ta vijest na Rigel još nije mogla stići . . .). Da je prije tisuću godina bio izumljen radio, pa još da su se mogle njime slati vijesti na takvu daljinu, i da je netko poslao sa krunidbe kralja Tomislava na Duvanjskom polju vijest o tome događaju na Rigel — tek danas bi mogao stići odgovor, da su poruku primili!

*

Dosad smo upoznali najjednostavniju metodu mjerenja daljine zvijezda stajačica — t. zv. metodu »godišnje paralakse«.

Ima još i drugih metoda, kao na pr. metoda sekularne paralakse, metoda spektroskopske paralakse, metoda dinamičke paralakse, fotometrijske paralakse i t. d. Sve su te metode mnogo složenije nego ta, koju smo gore protumačili.

Metodom godišnje paralakse mogu se sa sigurnošću odrediti udaljenosti zvijezda, koje nisu znatno veće od

---

okruglo 30 bilijuna kilometara, a jedna godina svjetlosti 9,,460.000,000.000, t. j. 10 bilijuna kilometara.

Napokon treba spomenuti, da se astronomu Besselu pripisuje zasluga, da je prvi (godine 1838.) točno izmjerio udaljenost jedne zvijezde (zvijezde br. 61. u zviježđu Labuda). Gotovo u isto vrijeme, pa čak i možda nešto ranije, ali ne s takvom velikom točnošću, izmjerili su udaljenosti zvijezda astronomi W. Struve (zvijezde Vege u Liri) i Henderson (zvijezde Alfe Centauri).

Tko želi podrobnijih i stručnih podataka o problemima, koje iznosimo u ovoj knjižici neka pročita rad: Leo Randić, »Metode određivanja udaljenosti zvijezda«. (Odštampano u »Nastavnom vjesniku« god. 1942.).



100 godina svjetlosti, a za veće se daljine služimo drugim metodama.

No kako smo se ranije iznenadili, kad je naš »nebeski metar« postao premalenom mjerom da s njim izrazimo udaljenosti zvijezda stajačica, tako ćemo se i sada iznenaditi, kad koraknemo malo dalje od najbližih nam zvijezda.

Evo, već ako hoćemo izraziti veličinu našeg zvjezdanog sistema u svemiru, t. j. Kumovske slame — onda je to i u godinama svjetlosti već vrlo velik broj: 100.000 godina svjetlosti.

A iza predjela Kumovske slame tek počinje pravi — Veliki svemir . . .

## Veličina vidljivog svemira

Naša je Kumovska slama divovski svijet u svemiru, svijet, u kojem ima oko 250 milijardi zvijezda. Među tim je zvijezdama i naše Sunce jedna obična zvijezda. Zapravo sasvim malena zvjezdica (— astronomi to stručno vele »zvijezda-patuljak«).[1]

---

[1] Poznata zvijezda Mira u zviježđu Kita (zovu je i »Mira Ceti«), koja spada u red crvenih divova (zapravo crvenih supergiganata) veća je od Sunca oko 125 milijuna puta, a od naše Zemlje oko 170 bilijuna puta. Brzi vlak putovao bi 750 godina od jednog do drugog kraja Mire Ceti. Kad bismo Miru Ceti postavili na mjesto našeg Sunca, planet Merkur, Danica, Zemlja, pa čak i Mars — svi bi se našli u utrobi tog supergiganta! Ali daleko od toga, da je Mira Ceti najveća zvijezda, što je poznajemo! Najveća od dosad poznatih zvijezda je zvijezda »Epsilon Aurigae« (t. j. zvijezda Epsilon u zviježđu Kočijaša). Ona je 27 milijardi puta veća od našeg Sunca, a 36 bilijuna puta veća od Zemlje. (Ipak pritom treba napomenuti, da se takve zvijezde sastoje od izvanredno rijetke materije).

Kad bismo našu Kumovsku slamu gledali iz dalekog svemira, ona bi nam se pričinila kao neka mala svijetla pjegica, slična onim milijunima i milijunima prekrasnih, poput vrtloga uvijenih maglica, što se skrivaju u dalekim dubinama svemira. Te maglice nazivamo s p i r a l n i m m a g l i c a m a (jednu takvu lijepu spiralnu maglicu prikazuje i naša slika na zadnjoj strani omota).

Svaka od tih spiralnih maglica je, poput naše Kumovske slame, golem zvjezdani otok u svemiru od nekoliko stotina milijardi zvijezda-sunaca. Najbliži od tih zvjezdanih svjetova, kao na pr. poznata spiralna maglica u Andromedi, daleko su od nas blizu d v a m i l i j u n a godina svjetlosti, a najdalje spiralne maglice, što se još dadu sagledati najvećim dalekozorom na svijetu, daleko su oko d v i j e m i l i j a r d e g o d i n a s v j e t l o s t i.

Tu je kraj svemira, koji vidimo najvećim dalekozorom. Čitav vidljivi svemir građen je od mnogo milijuna takvih džinovskih zvjezdanih otoka.

Kako se izmjerila daljina tih najdaljih svemirskih svjetova?

Najbližim se spiralnim maglicama najprije odredila daljina s pomoću golemih zvijezda, t. zv. supergiganata »Cefejida«. Te se zvijezde odlikuju tim svojstvom, da im se sjaj pravilno mijenja (raste i opada), i to tako, da što je veća zvijezda, treba joj dulje vremena za promjenu sjaja. Prema toj promjeni sjaja može se onda zaključiti, kako je pojedina cefejida velika, a po prividnoj veličini može se opet zaključiti, koliko je daleko. To je otkriće zasluga astronoma Shapleya[1] i astronomkinje Miss Leavitt.[2]

[1] Čitaj: Šeplija.

[2] Čitaj: Levit.



Astronom Hubble[1] je prije tridesetak godina na taj način odredio daljinu najbližih spiralnih maglica, t. j. nakon što je u njima primijetio cefejide.

Tek nedavno (1952. god.) astronom W. Baade je najvećim dalekozorom svijeta na Zvjezdarnici Mount Palomar, uspoređujući crvene supergigante tipa Mire Ceti sa sličnim crvenim divovima u spiralnim maglicama, dopunio i poboljšao Hubblova istraživanja, pa se danas uzima, da su spiralne maglice otprilike 2 puta dalje, nego je to zaključio Hubble prije 30 godina. Treba pri tome imati na umu, da je u ono doba Hubble mogao ocijeniti udaljenost spiralnih maglica samo na osnovu cefejida i zvijezda divova zvanih »RR Lirae«, a danas se ti rezultati provjeravaju i utvrđuju ne samo s pomoću crvenih supergiganata, nego i s pomoću »plavih supergiganata«, s pomoću t. zv. »novih zvijezda«, s pomoću uspoređivanja t. zv. »kuglastih jata« zvijezda (iz Kumovske slame s onima u spiralnim maglicama), s pomoću zakona o odnosu daljina i brzina odmicanja spiralnih maglica i t. d. Opseg i karakter ove knjižice ne dozvoljava, da se upustimo u podrobna tumačenja tih metoda.

Iz svih tih najnovijih istraživanja izlazi, kako smo rekli, da su najbliže svemirske spiralne maglice daleko gotovo 2 milijuna (2,000.000) godina svjetlosti, a najdalje, koje još vidimo, oko d v i j e m i l i j a r d e (2.000,000.000) godina svjetlosti.

Što znače ti brojevi?

Veličinu Kumovske slame, koja iznosi oko 100.000 godina svjetlosti, mogli bismo još predočiti tako, da zamislimo, koliko bi dugo morao letjeti aeroplan brzinom od 1.000 kilometara na sat, da preleti od jednog do dru-

[1] Čitaj: Habl.

gog kraja Kumovske slame. Takav bi aeroplan trebao letjeti oko 120 milijardi godina dan i noć bez prestanka.[1] Do najbližih spiralnih maglica to bi bio još neshvatljiviji broj: 1 bilijun 800 milijardi godina.

A do kraja vidljivog svemira?

— Dvije tisuće bilijuna godina!

2.000,,000.000,000.000 godina!

Da bismo bolje shvatili te brojeve, pokušat ćemo ih prikazati na drugi, lakši način:

Kad bi netko mogao gledati naš planet Zemlju s drugog kraja Kumovske slame, njemu bi svjetlosne zrake — što lete najvećom brzinom, koju poznaje svemir —

---

[1] Danas se mnogo piše o letu u svemir. Često se puta čuje i pitanje, zašto nam se ne jave razumna bića s drugih svjetova, ako tamo ima takvih bića. Svakako da je nevjerojatno, da se među milijardama i milijardama zvijezda u svemiru (— a sve su zvijezde SUNCA!) ne bi našlo i takvih, koje imaju planete s razumnim stvorovima.

Pa ipak, ti nam se stvorovi ne javljaju! — Zašto?

Ne ulazeći u biološku, tehničku i ostale strane tog zanimljivog problema, možemo i na osnovu onoga, što smo dosad ovdje pročitali, i sami navesti jedan vrlo važan razlog:

To je daljina.

I mi smo razumna bića. Smatramo se čak i dosta savršenima. Pa kome smo se mi dosad javili? Uspjeli smo poslati (i to tek nedavno!) prvi signal u svemir — radio-val na Mjesec. I to je sve. Istina, eksplozija hidrogenske bombe u noći vidjela bi se lijepo s Marsa, ali bi bilo presmiono vjerovati, da tamo ima razumnih bića, koja bi to mogla promatrati. I možda je dobro, da tamo nema inteligentnih stvorenja — što bi se takva inteligentna stvorenja zgrozila nad jezovitom dvoličnošću kulture na ovom planetu, kad bi promatrala naš eksperiment s hidrogenskom bombom: »Kakva savršena tehnika — a kakva ljudožderska svrha!« — rekli bi oni. Svakako, ako bismo se uputili da tražimo u svemiru živa



upravo donosile sliku t. zv. »trećeg međuledenog« doba, kad je naš davni predak krapinski pračovjek živio kao ljudožder u svojoj pećini u brdu Hušnjakovo.

S najbližih spiralnih maglica gledali bismo sada našu Zemlju u vremenu, dok se čovječanstvo još nije pojavilo na ovom planetu: vidjeli bismo samo neka čovjekolika bića, kako se veru po drveću u dubokim prašumama našeg planeta.

A s najdaljih spiralnih maglica, koje se još naslućuju u najvećem dalekozoru svijeta, vidjeli bismo otprilike ono doba, kad se u ovom kutu svemira rađao jedan novi planetić — naša Zemlja...

---

bića, a pogotovo, ako to još treba da budu i razumna, morali bismo ih tražiti u planetnom sistemu neke zvijezde. Nije teško vjerovati, da takva zvijezda ne bi spadala baš među najbliže...

No, uzmimo na pr. u razmatranje neku zvijezdu, koja je daleko pedesetak godina svjetlosti. Prema ostalim daljinama u svemiru to bi nam bio vrlo blizak susjed. A do tog susjeda radio-signal (kad bi se samo mogao poslati na tu nečuvenu daljinu!) putovao bi 50 godina, zrno iz topa trebalo bi do te zvijezde 16 milijuna godina, a aeroplan, da prevali takvu daljinu, morao bi letjeti 60 milijuna godina dan i noć bez prestanka...

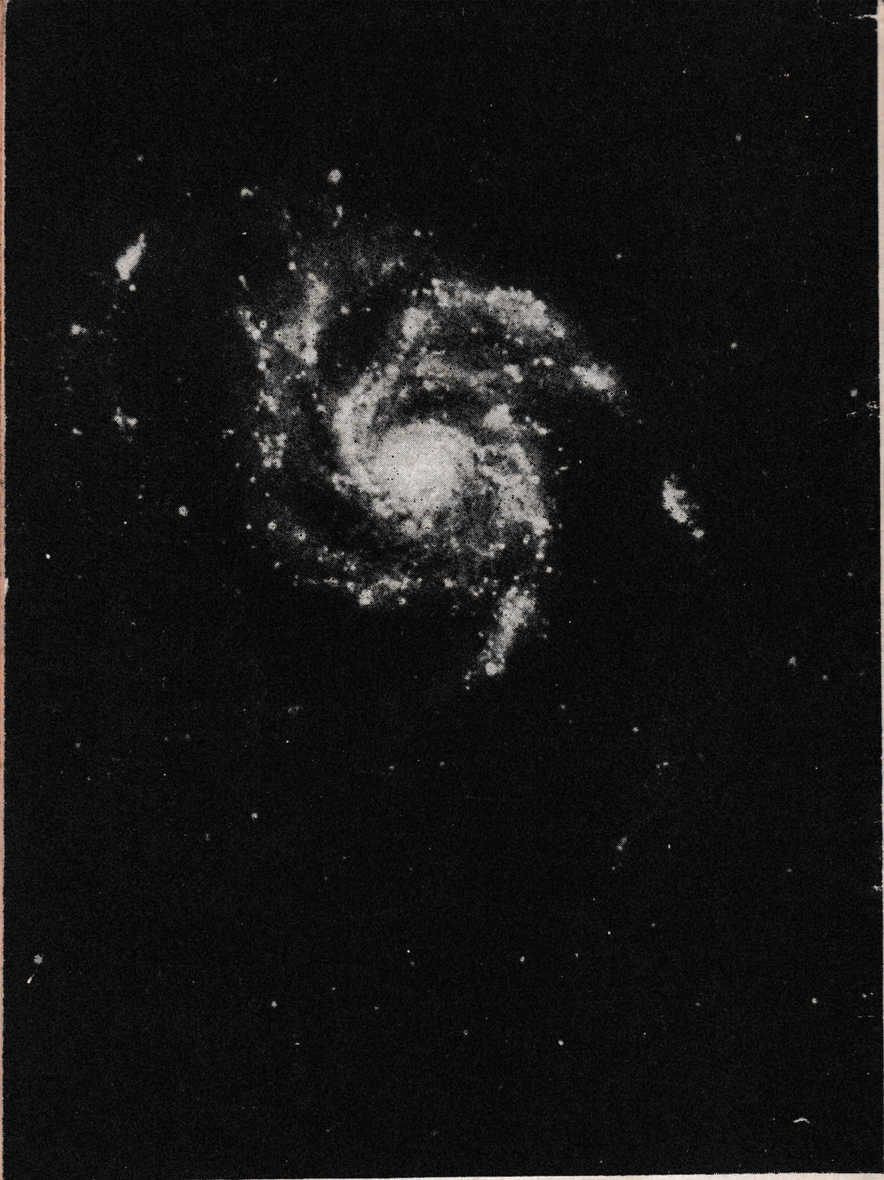
A što smo mi dosad postigli je — da nam je uspjelo poslati radio-signal do Mjeseca. Dakle sekunda i četvrt — prema 50 godina svjetlosti...

Ali svemirska putovanja imala bi i neočekivanih zanimljivosti. Kao u bajci: putnicima svemirskog broda budućnosti vrijeme bi sporije prolazilo, t. j. oni bi ostali relativno mladi u poređenju s onima, koji bi ostali kod kuće na Zemlji. Tako nas bar uči glasovita Einsteinova teorija relativnosti. Tu treba dodati još jedan mali »ako« — ako bi ljudima budućnosti uspjelo putovati nečuvenim brzinama, koje se približuju brzini svjetlosti...

I tako, u mijeni vjekova, pred našim očima prolaze pozornicom svemira pokoljenja, tisućljeća, eoni i kao bestragom tonu u vječnost vasione.

Izmiču parseki, planetni sistemi, spiralni svjetovi i gube se poput vizije u svemirski beskraj.

Nad svim tim uzdiže se vječito mlad i vječito istraživački um čovjeka, što spoznaje te velike stvari i opaja se najvećom ljepotom Zbivanja — otkrivanjem tajni i zakona zagonetnog Kozmosa.



**Spiralna maglica M 101 u zviježđu Velikog Medvjeda**